

SISTEM ANTRIAN PELAYANAN BONGKAR MUAT KAPAL DI TERMINAL BERLIAN PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

Rukhana Khabibah¹, Hery Tri Sutanto², Yuliani Puji Astuti³

¹ Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya
60321

rukhanajr@rocketmail.com

Abstrak

Antrian adalah garis tunggu dari pelanggan untuk mendapatkan pelayanan. Antrian disebabkan oleh kebutuhan konsumen untuk dilayani melebihi kemampuan fasilitas pelayanan, sehingga konsumen yang datang tidak dapat langsung mendapatkan pelayanan. Permasalahan antrian di pelabuhan sering terjadi setiap harinya. Pelayanan bongkar muat kapal merupakan fenomena antrian dalam kehidupan sehari-hari, antrian ini bisa disebabkan oleh kerusakan alat yang menunjang untuk melakukan bongkar muat, tenaga kerja, ketersediaan gudang, keterbatasan kapasitas tempat sandar kapal di dermaga dan lain-lain. Pelayanan bongkar muat kapal di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dilakukan di salah satu terminal yang berada di pelabuhan yaitu Terminal Berlian. Dalam skripsi ini akan menganalisis model antrian pada Terminal Berlian khususnya Berlian Barat dengan menghitung probabilitas waktu sibuk, probabilitas waktu pelayanan dalam keadaan menganggur, probabilitas jumlah kapal kurang dari kapasitas dermaga, dan jumlah optimum pelayanan di dermaga Berlian Barat.

Kata kunci :

Model antrian, probabilitas waktu sibuk, probabilitas waktu pelayanan dalam keadaan menganggur, probabilitas jumlah kapal kurang dari kapasitas dermaga, dan jumlah optimum pelayanan.

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia. Sejak jaman dahulu, Indonesia terkenal sebagai negara yang banyak melakukan kegiatan perdagangan dengan jalur perairan. Seiring dengan perkembangan jaman, sekarang dunia pelayaran dunia mengalami perkembangan pesat. Perdagangan dengan menggunakan jasa transportasi laut menjadi pilihan karena biayanya lebih murah atau lebih rendah dibandingkan jasa transportasi lainnya. Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pintu gerbang transportasi laut untuk Indonesia bagian timur, berperan sebagai pusat kolektor dan distributor barang dari Kawasan Timur Indonesia, khususnya dari Propinsi Jawa Timur.

Terminal Berlian adalah salah satu dari tujuh terminal yang terletak di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Terminal Berlian merupakan terminal yang ditujukan untuk melayani kegiatan bongkar muat kapal peti kemas dan cargo. Salah satu fasilitas di terminal adalah dermaga, dermaga adalah tempat bersandar dan bongkar muatnya kapal. Dermaga-dermaga di terminal-terminal di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya memiliki ukuran yang berbeda-beda. Jika dermaga yang tersedia di sebuah terminal memiliki ukuran lebih panjang dari terminal yang lain

maka di terminal tersebut bisa menampung lebih banyak kapal dibandingkan dengan terminal yang lain. Tetapi ukuran kapal juga mempengaruhi jumlah kapal yang akan tambat di dermaga. Jika kapal-kapal dengan ukuran besar yang tambat di terminal, maka di terminal tersebut hanya bisa menampung kapal dalam jumlah yang sedikit. Jadi ada dua hal penting yang menjadi patokan kapal yang akan melakukan tambat, yaitu panjang dermaga dan ukuran kapal. Jika kapal yang akan tambat belum mendapatkan dermaga yang sesuai dengan ukuran kapalnya, maka kapal tersebut harus menunggu. Hal ini akan mengakibatkan antrian untuk kapal-kapal sesudahnya. Antrian kapal mengakibatkan kualitas barang-barang yang diangkut kapal menjadi turun, bertambahnya pengeluaran dari pihak perusahaan.

Dalam skripsi ini akan membahas tentang model antrian, peluang sistem dalam kondisi sibuk, peluang sistem dalam kondisi menganggur, peluang jumlah kapal kurang dari kapasitas dermaga, dan jumlah optimum pelayanan di dermaga Berlian Barat.

Pada skripsi ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari PT. PELINDO III periode 1 Januari 2011 sampai 31 Maret 2011. Antrian yang dimaksud dalam tulisan ini adalah antrian kapal untuk memasuki dermaga untuk melakukan bongkar muat. Dermaga yang diteliti adalah dermaga terminal Berlian Barat.

Kajian Pustaka

Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya

Pelabuhan Tanjung Perak merupakan salah satu pelabuhan pintu gerbang di Indonesia, yang menjadi pusat kolektor dan distributor barang ke Kawasan Timur Indonesia, khususnya untuk Propinsi Jawa Timur. Pelabuhan Tanjung Perak juga merupakan pusat pelayaran interinsular Kawasan Timur Indonesia.

Sistem

Sebuah sistem adalah sekumpulan obyek atau entitas (orang atau mesin) yang bekerja dan berinteraksi bersamaan menurut aturan tertentu ke arah kesempurnaan suatu tujuan yang logis. Sistem dapat dikategorikan menjadi dua tipe yaitu sistem diskrit dan kontinu. Sistem diskrit adalah sistem yang peubah-peubah statenya berubah seketika pada titik yang terpisah dalam satu satuan waktu. Dan sistem kontinu adalah suatu sistem dimana peubah-peubah statenya berubah secara kontinu terhadap satu-satuan waktu.

Teori Antrian

Antrian adalah garis tunggu dari pelanggan untuk mendapatkan pelayanan. Studi matematis dari kejadian atau gejala garis tunggu disebut Teori Antrian. Tujuan mempelajari teori antrian adalah

untuk meminimumkan total dua biaya, yaitu biaya langsung penyedia fasilitas pelayanan dan biaya tak langsung yang timbul karena para individu harus menunggu untuk dilayani.

Komponen Dasar Antrian

Ada tiga komponen dasar dalam antrian yaitu:

1. Kedatangan atau proses input, pola kedatangan bisa teratur, bisa juga acak (*random*).
2. Pelayanan, dalam komponen pelayanan biasanya terdapat lebih dari satu pelayanan.
3. Antri, antrian ini tergantung dari dua komponen sebelumnya, kedatangan dan pelayanan. Jika terdapat banyak kedatangan dan lamanya waktu pelayanan akan mengakibatkan antri dan sebaliknya.

Mekanisme Pelayanan

Ada tiga aspek yang harus diperhatikan dalam mekanisme pelayanan, yaitu:

1. Tersedianya pelayanan
Mekanisme pelayanan tidak selalu tersedia setiap saat. Misalnya di sebuah loket penjualan tiket konser ada waktu pelayanan istirahat atau tidak tersedianya tiket.
2. Kapasitas pelayanan
Kapasitas dari mekanisme pelayanan diukur berdasarkan jumlah konsumen (satuan) yang dapat dilayani secara bersama-sama.
3. Lamanya pelayanan
Lamanya pelayanan adalah waktu yang dibutuhkan untuk melayani seorang konsumen atau satu-satuan ini harus dinyatakan secara pasti.

Disiplin Antrian

Disiplin antri adalah aturan keputusan yang menjelaskan cara melayani pengantri atau disiplin pelayanan yang memuat urutan order. Ada 4 bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan, yaitu :

1. *FirstCome FirstServed (FCFS)* atau *FirstIn FirstOut (FIFO)* artinya, lebih dulu datang (sampai), lebih dulu dilayani (keluar). Misalnya, antrian pada loket pembelian tiket bioskop.
2. *LastCome FirstServed (LCFS)* atau *LastIn FirstOut (LIFO)* artinya, yang tiba terakhir yang lebih dulu keluar. Misalnya, sistem antrian dalam elevator untuk lantai yang sama.
3. *Service In Random Order (SIRO)* artinya, panggilan didasarkan pada peluang secara random, tidak soal siapa yang lebih dulu tiba.
4. *Priority Service (PS)* artinya, prioritas pelayanan diberikan kepada pelanggan yang mempunyai prioritas lebih tinggi dibandingkan dengan pelanggan yang mempunyai prioritas lebih rendah, meskipun yang terakhir ini kemungkinan sudah lebih dahulu tiba dalam garis tunggu.

Struktur Antrian

Ada 4 model struktur antrian dasar yang umum terjadi dalam seluruh sistem antrian :

1. *Single Channel – Single Phase atau Satu Antrian Satu Pelayanan*
Single Channel berarti hanya ada satu jalur yang memasuki sistem pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. *Single Phase* berarti hanya ada satu pelayanan.
2. *Single Channel – Multi Phase atau Satu Antrian Beberapa Pelayanan Seri*

Istilah *Multi Phase* menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan dilaksanakan secara berurutan (dalam phasephase).

3. *Multi Channel – Single Phase atau Satu Antrian Beberapa Pelayanan Single*

Sistem *Multi Channel – Single Phase* terjadi kapan saja di mana ada dua atau lebih fasilitas pelayanan dialiri oleh antrian tunggal.

4. *Multi Channel – Multi Phase atau Beberapa Antrian Beberapa Pelayanan Paralel*

Sistem *Multi Channel – Multi Phase* merupakan sistem antrian di mana terdapat lebih dari satu pemberi layanan dalam setiap jenis layanan.

Distribusi-Distribusi yang Terdapat dalam Antrian

Teori antrian adalah suatu metode untuk menganalisa suatu sistem yang berhubungan dengan waktu, dalam hal ini yang terpenting adalah waktu antar kedatangan serta waktu pelayanan.

Distribusi Eksponensial

Distribusi probabilitas waktu antar kedatangan dan distribusi waktu pelayanan dapat juga sesuai dengan salah satu distribusi probabilitas Eksponensial.

Variabel random kontinu X berdistribusi eksponensial dengan parameter λ dimana $\lambda > 0$ jika fungsi densitas probabilitasnya adalah (Thomas J. Kakaay : 23):

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & \text{untuk } \lambda > 0 \\ 0, & \text{untuk yang lain} \end{cases}$$

Dan kumulatif distribusinya

$$f(x) = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x}, & \text{untuk } x > 0 \\ 0, & \text{untuk yang lain} \end{cases}$$

Distribusi Poisson

Distribusi ini digunakan untuk mengamati jumlah kejadian-kejadian khusus yang terjadi dalam satu satuan waktu atau ruang. Distribusi probabilitas *Poisson* dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat kedatangan dengan asumsi bahwa jumlah kedatangan adalah acak dan kedatangan pelanggan antar interval waktu saling tidak mempengaruhi. Probabilitas tepat terjadinya X kedatangan dalam distribusi *Poisson* dapat diketahui dengan menggunakan rumus:

$$P(x, \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

Di mana:

λ = rata-rata banyaknya kejadian per satuan waktu
 x = banyaknya kedatangan per satuan waktu

Uji Distribusi Kolmogorov-Smirnov

Uji Kolmogorov-Smirnov merupakan uji secara umum dari fungsi ekuivalen F_A dan F_B , dan didasarkan pada perbandingan fungsi distribusi kumulatif sampel dengan fungsi distribusi kumulatif hipotesis. Uji Kolmogorov-Smirnov digunakan untuk mengetahui apakah distribusi nilai-nilai sampel yang

teramati sesuai dengan distribusi teoritis tertentu (normal, uniform, poisson, eksponensial). Jika perbedaannya cukup besar dibandingkan dengan apa yang dihadapkan dari suatu ukuran sampel tertentu, model teoritisnya akan ditolak.

Berikut tahapan dalam uji Kolmogorov-Smirnov:

1. Menentukan distribusi komulatif sampel F_A dan distribusi komulatif teoritis hipotesis F_B ,
2. Menentukan D_n dengan menghitung $|F_B - F_A|$
3. Menentukan nilai maksimum $D_n = \text{maksimum } |F_B - F_A|$,
4. Menentukan α ,
5. Menentukan titik kritis D_n dari tabel titik kritis D_n ,
6. Jika $D_{\text{maksimum}} < D_n$ tabel maka hipotesis diterima bahwa data mengikuti pola distribusi yang dihipotesiskan.

(Anthony J Hayter : 2002,806)

Pendugaan Distribusi Data

Untuk pendugaan distribusi data yang kontinu dapat dilakukan dengan cara statistik jumlah. Statistik jumlah adalah salah satu cara yang digunakan sebagai penduga distribusi tahap awal. Salah satu fungsi yang digunakan adalah koefisien varians (KV) yang merupakan akara dari perbandingan varians (σ) dan mean (μ) sehingga estimasi dari (KV) adalah:

$$KV = \frac{\sqrt{\sigma^2}}{\mu}$$

Koefisien varians dari distribusi Eksponensial mendekati satu (1). Dan distribusi Gamma jika koefisien varians kurang dari satu (1). (William W Sampson : 48)

Notasi Kendall

Untuk kemudahan dalam memahami karakteristik suatu sistem antrian digunakan notasi Kendall Lee yaitu format umum, (a / b / c) : (d / e / f). Di mana a adalah distribusi kedatangan, b adalah distribusi waktu pelayanan atau keberangkatan, c adalah jumlah pelayanan (dimana c = 1, 2, 3,...), d adalah disiplin pelayanan, e adalah jumlah maksimum yang diizinkan dalam sistem, f adalah jumlah pelanggan yang ingin memasuki sistem.

Sistem Antrian (M/M/k) : (FCFS/ ∞/∞)

Dalam model multiserver diberikan asumsi sebagai berikut:

1. Semua pelayanan per unit waktu adalah sama,
2. Rerata kedatangan dan rerata pelayanan mengikuti distribusi Poisson atau distribusi Eksponensial,
3. Pelayanan dilakukan atas dasar FCFS. (Thomas J. Kakaia, 2004: 81)

Keterangan atas symbol-simbol yang dipakai adalah sebagai berikut:

- a. P_n = Probabilitas dari n pelanggan dalam sistem
- b. k = Jumlah server (channel)
- c. μ = Rata-rata laju pelayan (unit/waktu)
- d. λ = rata-rata laju kedatangan (unit/waktu)

Persamaan yang digunakan untuk model ini adalah (Thomas J. Kakaia : 90):

- a) Probabilitas server menganggur

P_0 adalah probabilitas tidak ada pelayanan di dermaga, maka

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{k-1} \frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!} \frac{1}{1 - (\lambda/k\mu)}}$$

- b) Probabilitas server sibuk

$$P[n > k] = \frac{(\lambda/\mu)^k P_0}{k!(1 - \lambda/k\mu)}$$

- c) Probabilitas jumlah pelanggan kurang dari server

$$P_{(n < k-1)} = \sum_{n=0}^{n=k} \left(\frac{1}{n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \right)$$

Di mana $n = 0, 1, 2, \dots, k-1$

- d) Jumlah rata-rata yang menunggu dalam antrian adalah

$$L_q = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^{k-1} (P_0)}{k.k!(1 - \lambda/k\mu)^2}$$

- e) Jumlah rata-rata yang menunggu dalam system antrian adalah

$$L_s = L_q + \frac{\lambda}{\mu}$$

- f) Rata-rata waktu tunggu dalam antrian adalah

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$$

- g) Rata-rata jumlah waktu menunggu dalam system antrian adalah

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda}$$

Optimasi dari Jumlah Pelayanan

Optimasi pelayanan dibahas dengan menggunakan model tingkat aspirasi. Di dalam pelayanan majemuk, model suatu sistem antrian perlu diurai sehingga nilai optimum dari jumlah pelayanan (server) dapat ditentukan dengan dua ukuran pertentangan, yaitu yang dinyatakan sebagai berikut:

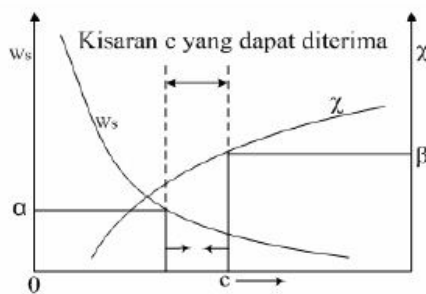
1. Adanya ekspektasi waktu menunggu di dalam sistem antrian (W_s)
2. Adanya persentase dari pelayanan untuk waktu kosong (X)

Hasil pengukuran dari kedua hal di atas sangat berpengaruh terhadap aspirasi pelanggan dan pelayanan. Bila dinyatakan tingkat aspirasi pada batas atas untuk W_s dan X diumpamakan α dan β , maka metode tingkat aspirasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

- Dilakukan analisis untuk mendapatkan jumlah pelayanan (k) dengan $W_s \leq \alpha$ dan $X \leq \beta$.
- Dimana W_s yang didapatkan melalui analisis model (M/M/k) : (GD, ∞ , ∞) dan X yang diuraikan sebagai berikut:

$$X = 100 \left(1 - \frac{\mu}{k} \right)^{\frac{\lambda}{\mu}}$$

- Solusi dari persoalan ini dapat diperoleh dengan mencari α dan β dari W_s dan X dengan bantuan grafik sebagai berikut:



Metode Penelitian

Pada bab ini akan dibahas tentang pengerjaan laporan penelitian ini. Mulai dari sumber data, pengelompokan data dan pengolahan data.

Sumber data

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data kegiatan kapal mulai dari kapal masuk pelabuhan sampai meninggalkan pelabuhan selama tiga bulan yaitu pada tanggal 1 Januari – 31 Maret 2011.

Pengelompokan Data

Data dikelompokkan sesuai dengan tanggalnya yang bertujuan untuk menghitung:

1. Jumlah kapal
Jumlah kapal dihitung pada masing-masing kelompok.
2. Waktu antar kedatangan kapal
Waktu antar kedatangan kapal dihitung mulai dari kapal pertama gerak hingga kapal berikutnya bergerak ke dalam sistem.
3. Waktu pelayanan kapal
Waktu pelayanan kapal dimulai dari kapal ikat tali sampai kapal keluar dermaga.

Pembahasan dan Penerapan

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. PELINDO III cabang Tanjung Perak. Periode data dari tanggal 1 Januari 2011 sampai tanggal 31 Maret 2011. Data yang digunakan adalah data pada terminal Berlian Barat merupakan terminal yang ditujukan untuk pelayan bongkar muat kapal peti kemas dan kargo.

Pendugaan Distribusi Waktu Antar Kedatangan dan Waktu Pelayanan

Pengolahan pendugaan data untuk waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dengan bantuan Minitab 16. Data terdistribusi eksponensial, jika koefisien variasinya mendekati satu (1).

Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan Minitab 16 data waktu antar kedatangan pada bulan Januari terdistribusi

eksponensial, karena koefisien variasi dari data mendekati satu. Dari hasil pengolahan data dengan Minitab 16 data waktu antar kedatangan pada bulan Februari terdistribusi eksponensial, karena koefisien variasi dari data mendekati satu. Dengan pengolahan yang sama, pada bulan Maret data waktu antar kedatangan terdistribusi eksponensial, karena koefisien variasinya mendekati satu.

Untuk data waktu pelayanan pengujian data juga dibantu dengan program Minitab 16. data waktu pelayanan pada bulan Januari terdistribusi eksponensial, karena koefisien variasi dari data mendekati satu. Dari hasil pengolahan data dengan Minitab 16 data waktu pelayanan pada bulan Februari terdistribusi eksponensial, karena koefisien variasi dari data mendekati satu. Dengan pengolahan yang sama, pada bulan Maret data waktu pelayanan terdistribusi eksponensial, karena koefisien variasinya mendekati satu.

Uji Distribusi Eksponensial Waktu Antar Kedatangan dan Waktu Pelayanan

Setelah dilakukan uji pendugaan distribusi waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan, selanjutnya akan dilakukan pengujian statistik dengan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov untuk memastikan data tersebut bedistribusi Eksponensial. Pengujian dibantu dengan menggunakan program SPSS 16. Hipotesis untuk uji data waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan pada setiap harinya adalah:

H_0 : berdistribusi eksponensial

H_1 : tak berdistribusi eksponensial

Setelah pengujian dilakukan dengan mengambil taraf kepercayaan $\alpha = 0,05$ atau dengan kata lain waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan 95% diterima pada distribusi Eksponensial, yaitu dengan menolak H_0 jika $\text{sig} < 0,05$.

Hasil pengolahan data bulan Januari dengan bantuan SPSS 16 diperoleh nilai $\text{sig} > 0,05$ artinya H_0 diterima, distribusi untuk waktu antar kedatangan kapal pada bulan Januari adalah berdistribusi eksponensial. Waktu antar kedatangan pada bulan Februari memiliki nilai $\text{sig} > 0,05$, artinya H_0 diterima, distribusi untuk waktu antar kedatangan kapal pada bulan Februari adalah berdistribusi eksponensial. Waktu antar kedatangan pada bulan Maret memiliki nilai $\text{sig} > 0,05$, artinya H_0 diterima, distribusi untuk waktu antar kedatangan kapal pada bulan Maret adalah berdistribusi eksponensial.

Hasil pengolahan data bulan Januari dengan bantuan SPSS 16 diperoleh nilai $\text{sig} > 0,05$, artinya H_0 diterima, distribusi untuk waktu pelayanan kapal pada bulan Januari adalah berdistribusi eksponensial. Waktu pelayanan pada bulan Februari memiliki nilai $\text{sig} > 0,05$, artinya H_0 diterima, distribusi untuk waktu antar kedatangan kapal pada bulan Februari adalah berdistribusi eksponensial. Waktu pelayanan pada bulan Maret memiliki nilai $\text{sig} > 0,05$, artinya H_0 diterima, distribusi untuk waktu pelayanan kapal pada bulan Maret adalah berdistribusi eksponensial.

Analisa Sistem Antrian di Terminal Berlian Barat

Sistem antrian di Berlian Barat menggunakan model pelayanan berganda dengan notasi M/M/k, dimana k adalah banyak server atau banyaknya tim pelayanan yang bisa melayani kapal. Dengan membagi panjang dermaga dengan panjang kapal maka kapal yang bisa bersandar di teminal Berlian

Barat ada 3. Artinya server di sistem antrian kapal di terminal Berlian Barat sama dengan 3 ($k = 3$).

Analisa perhitungan sistem antrian pada tanggal 1 Januari 2011 diperoleh probabilitas tidak ada pelayanan atau menganggur adalah 0,456. Probabilitas jumlah kapal melebihi server pelayanan ($P_{n \geq k}$) atau pelayanan dalam keadaan sibuk adalah 0,04898 dan probabilitas jumlah kapal kurang dari tempat sandar kapal di dermaga ($P_{n < k-1}$) adalah 0,9510. Berdasarkan perhitungan probabilitas-probabilitas keadaan dermaga pada tanggal 1 Januari 2011 dapat digambarkan bahwa, ketiga dermaga digunakan semua untuk sandar kapal, tetapi tingkat kesibukannya tidak terlalu tinggi. Hal ini bisa disebabkan kapal-kapal yang bersandar masih menunggu kelengkapan dokumen-dokumen sebelum kapal meninggalkan dermaga atau pelabuhan. Jumlah rata-rata yang menunggu dalam antrian adalah 0,02825, jumlah rata-rata yang menunggu dalam sistem antrian adalah 0,8095, rata-rata waktu tunggu dalam antrian adalah 0,009417 atau 13,56 menit/kapal dan rata-rata waktu tunggu dalam sistem antrian adalah 0,2698 atau 388,5 menit atau sekitar 16,1 jam/kapal. Dari seluruh perhitungan analisa sistem antrian selama bulan Januari. Sistem antrian kapal pada bulan Januari di dermaga Berlian selalu terdapat kapal untuk sandar dan tidak ada hari yang tidak sibuk, hampir setiap hari di bulan Januari terdapat kesibukan di dermaga Berlian Barat.

Dari analisa perhitungan sistem antrian pada tanggal 1 Februari 2011 diperoleh probabilitas tidak ada pelayanan atau menganggur adalah 0,3059. Probabilitas jumlah kapal melebihi server pelayanan ($P_{n \geq k}$) atau pelayanan dalam keadaan sibuk adalah 0,1167 dan probabilitas jumlah kapal kurang dari tempat sandar kapal di dermaga ($P_{n < k-1}$) adalah 0,8447. Berdasarkan perhitungan probabilitas-probabilitas keadaan dermaga pada tanggal 1 Februari 2011 dapat digambarkan bahwa, ketiga dermaga digunakan semua untuk sandar kapal, tetapi tingkat kesibukannya tidak terlalu tinggi. Hal ini bisa disebabkan kapal-kapal yang bersandar masih menunggu kelengkapan dokumen-dokumen sebelum kapal meninggalkan dermaga atau pelabuhan. Jumlah rata-rata yang menunggu dalam antrian adalah 0,0553, jumlah rata-rata yang menunggu dalam sistem antrian adalah 1,1817, rata-rata waktu tunggu dalam antrian adalah 0,0184 atau 26,5 menit/kapal dan rata-rata waktu tunggu dalam sistem antrian adalah 0,3939 atau 567,2 menit atau sekitar 23,6 jam/kapal. Dari seluruh perhitungan analisa sistem antrian selama bulan Februari. Sistem antrian kapal pada bulan Februari di dermaga Berlian selalu terdapat kapal untuk sandar dan tidak ada hari yang tidak sibuk, hampir setiap hari di bulan Januari terdapat kesibukan di dermaga Berlian Barat.

Dari analisa perhitungan sistem antrian pada tanggal 1 Maret 2011 di atas diperoleh probabilitas tidak ada pelayanan atau menganggur adalah 0,3545. Probabilitas jumlah kapal melebihi server pelayanan ($P_{n \geq k}$) atau pelayanan dalam keadaan sibuk adalah 0,0964 dan probabilitas jumlah kapal kurang dari tempat sandar kapal di dermaga ($P_{n < k-1}$) adalah 0,9036. Berdasarkan perhitungan probabilitas-probabilitas keadaan dermaga pada tanggal 1 Maret 2011 dapat digambarkan bahwa, ketiga dermaga digunakan semua untuk sandar kapal, tetapi tingkat

rendah. Hal ini bisa disebabkan kapal-kapal yang bersandar masih menunggu kelengkapan dokumen-dokumen sebelum kapal meninggalkan dermaga atau pelabuhan. Jumlah rata-rata yang menunggu dalam antrian adalah 0,04764, jumlah rata-rata yang menunggu dalam sistem antrian adalah 1,0719, rata-rata waktu tunggu dalam antrian adalah 0,0119 atau 17,1 menit/kapal dan rata-rata waktu tunggu dalam sistem antrian adalah 0,268 atau 385,9 menit atau sekitar 16,1 jam/kapal.

Optimasi Jumlah Pelayanan

Perhitungan pelayanan optimum yang didasarkan waktu menunggu (W_s) dan persentase waktu kosong (X) bertujuan untuk menghitung nilai optimum dari jumlah pelayanan. Dalam kasus ini, pelayanan (server) adalah dermaga yang bisa disandari kapal. Pada bulan Januari diperoleh $\lambda = 4,226$ dan $\mu = 2,468$.

Tabel 4.1: Hasil Perhitungan W_s dan X untuk bulan Januari

k	1	2	3	4	5	6
L_s	∞	5,94	1,329	0,748	0,521	0,399
W_s	∞	1,40	0,315	0,177	0,127	0,097
$X(\%)$	0	14,4	42,9	57,2	65,8	71,5

Dengan menggunakan grafik diperoleh titik potong di $W_s = 0,7$ dan $X = 35$. Artinya ekspektasi waktu menunggu dapat diterima (W_s) jika kurang dari 0,7 atau 1008 menit atau 16,8 jam dan persentase dari waktu kosong (X) tidak boleh lebih dari 35%. Titik potong dari W_s dan X pada grafik di atas menunjukkan bahwa jumlah kapal dalam antrian yang ideal adalah 2 sampai 3 kapal.

Perhitungan pada bulan Februari sama dengan perhitungan di bulan Januari. Pada bulan Februari rata-rata $\lambda = 3,429$ dan $\mu = 2,291$ dan diperoleh:

Tabel 4.2: Hasil Perhitungan W_s dan X untuk bulan Februari

k	1	2	3	4	5	6
L_s	∞	2,97	0,996	0,597	0,427	0,332
W_s	∞	0,86	0,290	0,174	0,125	0,097
$X(\%)$	0	25,2	50,1	62,6	70	75,1

Dari grafik di atas diperoleh titik potong di $W_s = 0,5$ dan $X = 40\%$. Artinya ekspektasi waktu menunggu dapat diterima (W_s) jika kurang dari 0,5 atau 720 menit atau 12 jam dan persentase dari waktu kosong (X) tidak boleh lebih dari 40%. Titik potong dari W_s dan X pada grafik di atas menunjukkan bahwa jumlah kapal dalam antrian yang ideal adalah 2 sampai 3 kapal.

Pada bulan Maret diperoleh $\lambda = 3,967$ dan $\mu = 2,232$ dengan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.17: Hasil Perhitungan W_s dan X di bulan Maret

k	1	2	3	4	5	6
L_s	∞	7,96	1,45	0,799	0,551	0,42
W_s	∞	2,01	0,366	0,201	0,139	0,106
$X(\%)$	0	11,2	40,8	55,6	64,5	70,4

Dari grafik di atas diperoleh titik potong di $W_s = 0,85$ dan $X = 30\%$. Artinya ekspektasi waktu menunggu dapat diterima (W_s) jika kurang dari 0,85 atau 1224 menit atau 20,4 jam dan persentase dari waktu kosong (X) tidak boleh lebih dari 30%. Titik potong dari W_s dan X pada grafik di atas menunjukkan bahwa jumlah kapal dalam antrian yang ideal adalah 2 sampai 3 kapal.

Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model antrian untuk sistem antrian kapal di pelabuhan Tanjung Perak Surabaya di terminal Berlian Barat adalah $(M/M/3):(FCFS/\infty/\infty)$. Dengan distribusi Eksponensial untuk waktu antar kedatangan dan waktu pelayanan dengan tiga tempat sandar kapal.
2. Peluang atau probabilitas sistem antrian dalam keadaan sibuk rata-rata di bulan Januari adalah 0,463.
Peluang atau probabilitas sistem antrian dalam keadaan sibuk rata-rata di bulan Februari adalah 0,33.
Peluang atau probabilitas sistem antrian dalam keadaan sibuk rata-rata di bulan Maret adalah 0,403.
3. Peluang atau probabilitas sistem antrian dalam keadaan menganggur atau tidak ada pelayanan rata-rata di bulan Januari adalah 0,157.
Peluang atau probabilitas sistem antrian dalam keadaan menganggur atau tidak ada pelayanan rata-rata di bulan Februari adalah 0,224.
Peluang atau probabilitas sistem antrian dalam keadaan menganggur atau tidak ada pelayanan rata-rata di bulan Maret adalah 0,169.
4. Peluang jumlah kapal kurang dengan kapasitas dermaga rata-rata pada bulan Januari adalah 0,537.
Peluang jumlah kapal kurang dengan kapasitas dermaga rata-rata pada bulan Februari adalah 0,672.
Peluang jumlah kapal kurang dengan kapasitas dermaga rata-rata pada bulan Maret adalah 0,596.
5. Berdasarkan perhitungan optimum jumlah pelayanan yang menggunakan dua tolak ukur yaitu rata-rata waktu menunggu dalam sistem antrian (W_s) dan persentase waktu kosong pelayanan (X) diperoleh jumlah kapal optimum yang terdapat dalam sistem antrian kapal di terminal Berlian Barat adalah 2 sampai 3 kapal.

Dan jumlah tempat sandar (pelayanan) kapal yang optimal adalah 2 sampai 3 tempat sandar kapal.

Pustaka

- Kakaay, J. Thomas. 2004. *Dasar Teori Antrian untuk Kehidupan Nyata*. Andi. Yogyakarta
- Supriyono. 2010. *Analisis Kinerja Terminal Petikemas di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*. Tesis tidak diterbitkan. Surabaya : Undip
- Palupi, Dwi Retno. 2010. *Optimalisasi Jumlah Teller Bank Mandiri Cabang Kertajaya Dengan Menetapkan Sistem Antrian*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Unesa
- Hayter, Anthony J. 2002. *Probability and Statistics for Engineers and Scientist*. Duxbury. United State of America
- Simpson, William W. Tanpa tahun. *Modelling Stochastic Fibrous Materials with Mathematica*. Springer. Manchester
- Abadi, Risky. Tanpa tahun. *SIMULASI ANTRIAN PELAYANAN BONGKAR MUAT KAPAL. Tugas akhir* tidak diterbitkan. Surabaya : ITS (<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-9290-Presentation.pdf> diakses tanggal 19 Oktober 2011).
- Elida, Fitri. 2009. *Simulasi Antrian dan Implementasinya*. Skripsi tidak diterbitkan. Medan : USU (<http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/14072/1/09E02904.pdf>. diakses 2 November 2011).
- Fatmawati, Hastin. 2011. *Analisis Teori Antrian pada PT. BANK JATIM Cabang DR. SOETOMO*. Laporan PKL tidak diterbitkan. Surabaya: Unesa.
- Mukhyi, Muhammad Abdul. Tanpa Tahun. *Teori Antrian*. Materi kuliah tidak diterbitkan. Jakarta : Gunadarma (<http://mukhyi.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/9276/Teori+Antrian.pdf>. Diakses tanggal 10 Oktober 2011).
- PT. Pelindo Tim. Tanpa Tahun. *Pelabuhan Tanjung Perak*. Info Internet tidak diterbitkan (<http://www.dephub.go.id/files/media/file/25%20pelabuhan/Tanjung%20Perak.pdf>. diakses tanggal 10 Oktober 2011).